

## معالجة قماش البوليستر بلازما الأرغون

### لتحسين قابليته للبلل والصبغة بالأصبغة المعلقة

م. ونام العلي<sup>1</sup> د. م. زياد سفور<sup>2</sup> أ. د. م. صقر سلوم<sup>3</sup>

قسم هندسة الغزل والنسيج - كلية البتروكيمياة - جامعة البعث - حمص - سوريا

#### الملخص:

تم في هذا البحث معالجة سطح قماش البوليستر لزيادة قابليته للبلل وقابليته للصبغة بالأصبغة المعلقة من خلال معالجته ببلازما الأرغون باستخدام جهاز بلازما الحاجز العازل (DBD) الذي يعمل عند الضغط الجوي، ويتدفق غاز الأرغون (2 L/min)، ودراسة تأثير الجهد والتردد على قابلية القماش للبلل، وبعد معالجة سطح القماش تمت صبغته بصباغ معلق، ودراسة تأثير المعالجة على عملية الصباغة من دون استخدام جهاز الأوتوغلاف، وذلك من حيث عمق اللون وثباتية عملية الصباغة تجاه الغسيل، كما تم دراسة تأثير المعالجة على مورفولوجية سطح القماش، وقوة تمزق القماش، وبنية الكيميائية، وأظهرت القياسات اللونية للعينات المصبوغة أن العينة المصبوغة بعد المعالجة تملك ظلالاً لونية أعمق من العينة المصبوغة تقليدياً بالأوتوغلاف من دون معالجة، كما كانت العينات المعالجة ثابتة تجاه الغسيل بشكل جيد مثل العينة المصبوغة تقليدياً مع تغير في قوة التمزق، وأظهرت النتائج تشكل مجموعات وظيفية محبة للماء في سطح القماش، وهذا ما يساعد على زيادة امتصاص الصباغ من قبل القماش.

#### كلمات مفتاحية:

قماش البوليستر، بلازما انفرار الحاجز العازل، القابلية للبلل، الصباغة، صباغ معلق.

(1) طالبة دكتوراه - قسم هندسة الغزل والنسيج - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة البعث. البريد الالكتروني:

[weaam6140@gmail.com](mailto:weaam6140@gmail.com) رقم الموبايل: 0938548816

(2) أستاذ مساعد في قسم هندسة الغزل والنسيج - كلية الهندسة الكيميائية والبتروولية - جامعة البعث.

## **Treatment of Polyester Fabric Using Argon Plasma to enhance its Water ability and dye ability with disperse dyes**

**We'aam Alali    Dr. Ziad Saffour    Dr. Saker Saloum**

Spinning and textile department- petrochemical college- Al Baath  
University- Homs- Syria

### **Abstract:**

In this research, the surface of polyester fabric was treated to enhance its wettability and dyeability with suspended dyes. The treatment was conducted using argon plasma generated by dielectric barrier discharge (DBD) plasma operating at atmospheric pressure, with an argon gas flow rate of 2 L/min, and the effects of voltage and frequency on the fabric's wettability was investigated. After the treatment, the fabric was dyed with a disperse dye, and the impact of treatment on the dyeing process was analyzed, specifically regarding color depth and the washing fastness of the dyeing process, without employing an autoclave device.

Additionally, the research examined the effects of the treatment on the fabric's surface morphology, its chemical structure, and its tearing strength. Color measurements indicated that the dyed samples post-treatment exhibited deeper color shades compared to those dyed traditionally using an autoclave without prior treatment. Furthermore, the treated samples demonstrated washing fastness, similar to the traditionally dyed samples, though there was a noticeable change in tensile strength. The results indicated the formation of hydrophilic functional groups on the fabric's surface, which facilitate increased dye absorption.

### **Keywords:**

Polyster fabric, Dielectric barrier discharge plasma, water ability, dyeing, disperse dye.

## 1-مقدمة:

تعدّ المعالجة النهائية مجالاً هاماً في صناعة النسيج، حيث أنها تعطي القماش خواصه المرغوبة ومظهره النهائي، ويمكن تطبيق المعالجات النهائية الكيميائية بالطريقة التقليدية التي تعتمد على استخدام محاليل وأوساط كيميائية، وتستهلك كميات كبيرة من المواد الكيميائية التي قد تؤثر سلباً في البيئة والإنسان [1، 2]. كما يمكن تطبيق المعالجات النهائية باستخدام طرق حديثة تقلل استهلاك المواد الكيميائية، مثل تقنية البلازما التي تتميز بالكلفة المنخفضة والتوفير الاقتصادي، وتجنب هدر المياه والمواد الكيميائية [3، 4]، وهي عملية معالجة سطحية، إذ تقوم بتعديل سطح البوليمير المعالج ضمن مجال نانومتري من دون التأثير في الخواص الأساسية لبنية القماش بشكل كبير [5].

البلازما هي وسط يحوي غازاً أو مزيجاً غازياً، يكون هذا الوسط مؤبناً بشكل جزئي، يتألف من ذرات والكترونات وجزئيات وأيونات وجذور حرة وفوتونات وأشعة فوق بنفسجية تشكلت عن طريق إثارة غاز في المجالات الكهرومغناطيسية أو الكهربائية [6]، ويتم تشكيل البلازما بتطبيق طاقة على وسط غازي، فيتأين ويصبح موصلًا للتيار الكهربائي ويصل إلى حالة البلازما، وعندما تتصادم الجسيمات الفعالة مع سطح البوليمير المعالج، فإنها تنقل الطاقة الإضافية من البلازما إلى سطح البوليمير للسماح بتفاعلات لاحقة على سطحه [5، 7].

يوجد صنفان من البلازما، البلازما الحارة التي تكون فيها درجة الحرارة عالية جداً، والبلازما الباردة التي يمكن الحصول عليها بين الأقطاب الكهربائية في الأجهزة منخفضة التردد أو عالية التردد أو مع مولدات الميكروويف، وبالنسبة للبوليميرات والأقمشة والمواد الحساسة للحرارة يتم استخدام البلازما الباردة [6].

تم في الماضي القيام ببعض الدراسات لفهم تفاعلات البلازما على الزجاج والمواد البوليميرية [3]، لكن الدراسات التي ذكرت تعديل سطح القماش باستخدام بلازما الضغط الجوي تعتبر قليلة.

يمكن تطبيق البلازما في مجال معالجة الأقمشة من أجل مقاومة البلل، التنظيف، مقاومة البكتريا، تحسين قابلية الصباغة والطباعة.. [2، 8]، وذلك إما بطريقة الترسيب البلازمي (أو البلزمة

البلازمية)، التنشيط البلازمي، التتميش بالبلازما (أي حفر سطح القماش على مستوى نانوي) [9]، [10].

عند تعريض سطح القماش للبلازما تتفاعل الأيونات مع سطح القماش، وتشكل جذوراً حرة على سطح القماش، ومجموعات وظيفية جديدة [1، 2]

يمكن تشكيل البلازما الباردة إما عند ضغط منخفض أو عند الضغط الجوي، ومنذ طرح تقنية البلازما في ستينات القرن الماضي، استخدمت بلازما الضغط المنخفض في الصناعات الإلكترونية الدقيقة، وتوسعت استخداماتها في الثمانينات لتشمل العديد من المعالجات السطحية الأخرى، بما في ذلك البلاستيك والبوليمرات والراتنجات والورق والكرتون والمعادن والسيراميك والمواد غير العضوية. ومؤخراً تم استخدامها في مجال المنسوجات لتعديل سطح الأقمشة بواسطة الغازات المختلفة، حيث تم تقديم مجموعة متنوعة من آلات البلازما التجارية ذات الضغط المنخفض - معظمها في شكل نموذج أولي- من أجل معالجة المنسوجات والمواد البوليميرية [11]. وفي هذا النوع من أجهزة البلازما تكون الضغوط منخفضة (عادةً بين 0.01 mbar - 10)، وتتميز بتركيزها العالي للجسيمات التفاعلية، والانتقائية الكيميائية الفائقة والموحدة على مساحة سطح كبيرة [10].

ولكن هذه التقنية لا تزال محدودة الاستخدام تجارياً في مجال صناعة النسيج بسبب صعوبة معالجة كمية كبيرة من المواد النسيجية باستخدام البلازما عند ضغط منخفض والحفاظ عليه فترة طويلة، لذلك بدأت بعض الشركات في الآونة الأخيرة بتقديم أجهزة صناعية لمعالجة المنسوجات بالبلازما عند الضغط الجوي، وقد استخدمت بلازما الضغط الجوي لمعالجة الأقمشة المقاومة للبلل مثل البوليستر، بولي بروبيلين، بولي أميد 6.6، صوف، صوف/كاشمير، كتان، حرير، لتعديل خواصها السطحية وجعلها أكثر محبة للبلل [12، 13]، كما استخدمت المعالجة المسبقة بالبلازما للألياف البروتينية مثل الصوف لتحسين الصبغة والتلبد، واستخدمت أيضاً لمعالجة الأقمشة السيلولوزية المحبة للماء مثل القطن من أجل مقاومة البلل (أو المقاومة الفائقة للبلل)، ولكن هناك أبحاث قليلة حول استخدامها لتحسين الصبغة، استرجاع التجعد، إزالة النشاء [12].

تم مؤخراً تشكيل بلازما باردة عند الضغط الجوي مع أنظمة إلكتروود متنوعة مثل البثق، الكورونا، انفرغ الحاجز العازل [3]، وإن تقنية بلازما انفرغ الحاجز العازل (Dielectric Barrier)

(Discharge DBD) هي عملية مستخدمة بشكل واسع لتعديل الخواص السطحية للعديد من البوليميرات والمواد النسيجية المختلفة، حيث تتميز هذه التقنية بكلفة قليلة للطاقة، تكلفة مالية قليلة، شروط تشغيل هادئة، وسهولة الاستخدام [14].

يعدّ قماش البوليستر (بولي إيثيلين تيريفتالات (PET) من الألياف الصناعية المستخدمة بشكل واسع في صناعة النسيج حالياً، ولكنه يملك بعض السلبات ومنها أن طاقته السطحية منخفضة والتي تؤدي إلى قابلية القماش الضعيفة للبلل وللصباغة، وذلك لأن البولي إيثيلين تيريفتالات هو مادة غير فعالة كيميائياً وبملاك درجة بلورة عالية، ولذلك يتم صباغة قماش البوليستر بالأصبغة المعلقة باستخدام جهاز الأوتوغلاف الذي يعمل عند درجة حرارة عالية ( $130^{\circ}\text{C}$ ) وعند ضغط جوي عالٍ، إذ تسمح هذه العملية لجزيئات الصباغ أن تخترق الليف، وبكل الأحوال هذه العملية تحتاج طاقة كبيرة وتجهيزات خاصة [15، 16].

لذلك تم في هذا البحث تصميم جهاز بلازما عند الضغط الجوي بطريقة انقراغ الحاجز العازل واستخدامه مع غاز الأرجون من أجل معالجة قماش البوليستر، وذلك بهدف تعديل سطحه ودراسة تأثير ذلك على خواص القماش من حيث خاصية البلل والصباغة بالأصبغة المعلقة والخواص الميكانيكية والكيميائية، حيث تمت صباغة القماش المعالج بالبلازما عند درجة الغليان والضغط الجوي، وتمت صباغة عينة بالطريقة التقليدية باستخدام الأوتوغلاف الذي يعمل عند ضغط عالٍ ودرجة حرارة عالية [17]، فالغرض الرئيسي من استخدام المعالجة المسبقة بالبلازما هو توفير الطاقة خلال عملية الصباغة.

## 2- هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى الاستغناء عن الطريقة التقليدية في معالجة الأقمشة واستبدالها بطريقة البلازما الصديقة للبيئة، وذلك بتصميم جهاز بلازما باردة لمعالجة قماش البوليستر باستخدام غاز الأرجون لتعديل سطح القماش ودراسة تأثير ذلك على قابليته للبلل وقابليته للصباغة بالأصبغة المعلقة وخواصه الميكانيكية ومورفولوجية سطحه. ومقارنة عمق لون الصباغ للعينة المعالجة بالبلازما مع العينة المصبوغة تقليدياً غير المعالجة.

### 3- مواد وطرق البحث:

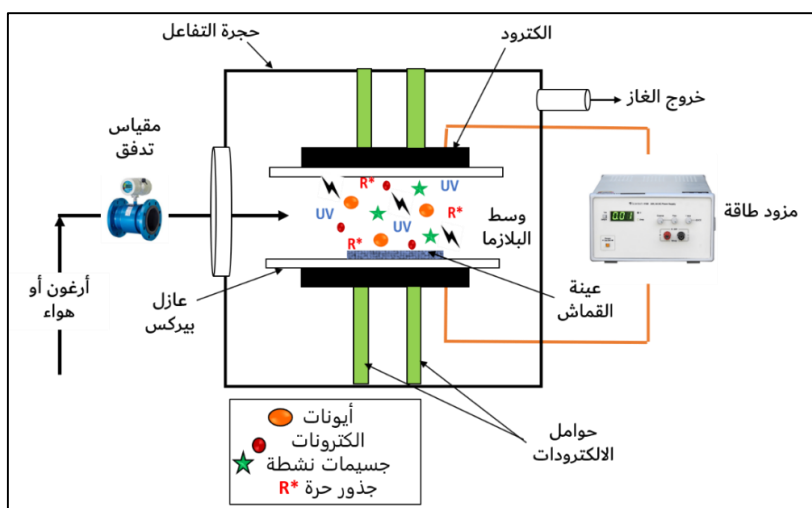
#### 3-1- مواصفات القماش المستخدم وتجهيزه للمعالجة:

يوضح الجدول (1) مواصفات قماش البوليستر المعالج.

الجدول (1): مواصفات قماش البوليستر الذي تم إجراء التجربة عليه:

47	نمرة خيوط الحدف (Nm)	95	وزن المتر مربع $g/m^2$
40	كثافة خيوط السداء (خيوط/سم)	سادة 1/1	التّركيب النّسجيّ
20	كثافة خيوط الحدف (خيوط/سم)	102	نمرة خيوط السداء (Nm)

#### 3-2- جهاز بلازما الحاجز العازل (Dielectric Barrier Discharge DBD):



الشكل (1): جهاز البلازما الباردة الذي يعمل عند الضغط الجوي

تم تصميم الجهاز بالاستفادة من بعض الدراسات والمراجع السابقة [15، 18-20]. يبين الشكل (1) الجهاز المصنوع، وهو يتألف من حجرة التفاعل بأبعاد  $(30 \times 30 \times 30 \text{ cm}^3)$  مصنوعة من مادة (plexiglass) وتحتوي فتحة وصمام لخروج الهواء والغاز الزائد، ويوجد في الحجرة

إلكترودان ألمنيوم متوازيان بأبعاد  $(12 \times 4 \text{ cm}^2)$  وثخانة  $(5 \text{ mm})$ ، تمت تغطيتهما بصفيحتين عازلتين من البيركس بأبعاد  $(10 \times 20 \text{ cm}^2)$  وسماكة  $(5 \text{ mm})$ ، ويمكن التحكم بفتحة الانفراغ بين العازلين يدوياً في مجال يتراوح بين  $(1 - 20 \text{ mm})$  بواسطة حوامل للإلكتروادات. وتم استخدام مزود طاقة كهربائية AC (Model CX-200E) يعمل بجهد عالي يصل حتى  $(20 \text{ KV})$  وتردد يصل حتى  $(2000 \text{ Hz})$  وقيمة تيار تتراوح بين  $(0-10 \text{ mA})$  ودورة تشغيل تتراوح بين  $(0\%)$  و  $(100\%)$ ، وتم إدخال الغاز من اسطوانته من خلال مجموعة أنابيب مع التحكم اليدوي بتدفقه بواسطة مقياس تدفق (US211MLite iSentro) يحوي حساس وشاشة تتيح التحكم اليدوي، حيث يتأين الغاز في الوسط بين الإلكترودين وتوضع عينة القماش على الإلكتروود السفلي.

### 3-3- معالجة قماش البوليستر باستخدام جهاز بلازما الحاجز العازل (Dielectric Barrier Discharge DBD)

تمت عملية المعالجة وفق الشروط الموضحة في الجدول (2):

الجدول (2): شروط التجربة

يتراوح بين $(1 - 10 \text{ KV})$	الجهد
يتراوح بين $(500 - 2000 \text{ Hz})$	التردد
25 %	دورة التشغيل
5 mm	المسافة بين العوازل
2 l/min	تدفق غاز الأرجون
1 min	مدة التعرض

تم اختيار مدة المعالجة  $(1 \text{ min})$  كقيمة تجريبية لأن المعالجة بجهاز DBD تتم عند مدة زمنية قصيرة عادةً (بضع ثوانٍ)، ولأن المدة الأطول قد تؤدي إلى تخريب القماش.

### 3-4- عملية الصباغة:

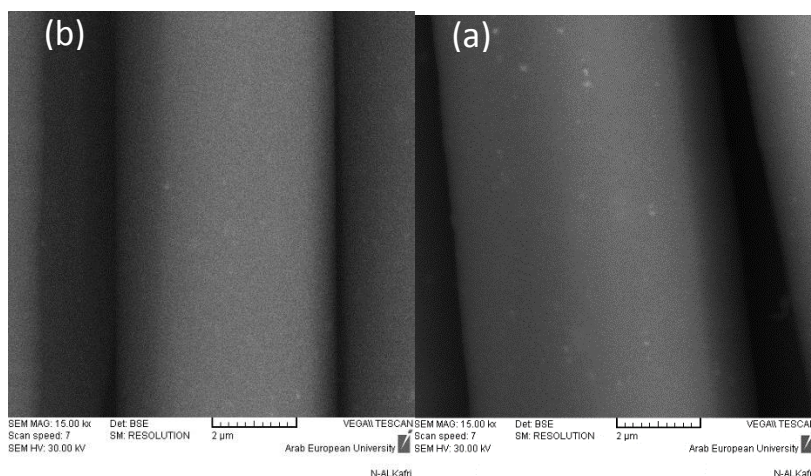
### معالجة قماش البولستر ببلازما الأرجون لتحسين قابليته للبلل والصبغة بالأصبغة المعلقة

تمت صبغة العينات المعالجة بالبلازما عند درجة الحرارة ( $100^{\circ}\text{C}$ ) لمدة (30 min) ونسبة حوض (1:100) باستخدام صباغ معلق (Terasil brown) بتركيز (1%) وبإضافة القليل من الغليسرين وضبط pH عند (4-5) باستخدام حمض الخل، فقد تم إدخال العينات إلى حوض الصبغة عند درجة حرارة الغرفة ومن ثم رفع درجة الحرارة بمعدل ( $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ) حتى ( $100^{\circ}\text{C}$ )، إذ استمرت عملية الصبغة (30 min) عند هذه الدرجة، ثم غُسلت العينات بالماء وجُففت في هواء الغرفة، كما تمت صبغة عينة غير معالجة بنفس الصباغ ونفس التركيز ونسبة الحوض بالطريقة التقليدية وذلك باستخدام الأوتوغلاف تحت ضغط عالٍ (0.16 MPa) ودرجة حرارة عالية ( $130^{\circ}\text{C}$ ) [21، 22].

### 3-5- الاختبارات:

#### 3-5-1- توصيف مورفولوجية سطح الألياف:

يوضح الشكل (2) صور العينات قبل المعالجة وبعدها، إذ لم تُلاحظ اختلافات في المورفولوجية، ولكن يمكن ملاحظة أن العينة المعالجة كانت تملك شوائب أقل على سطح أليافها، وذلك يعود إلى أن المعالجة ببلازما الأرجون تساهم في تنظيف سطح المادة المعالجة [23].

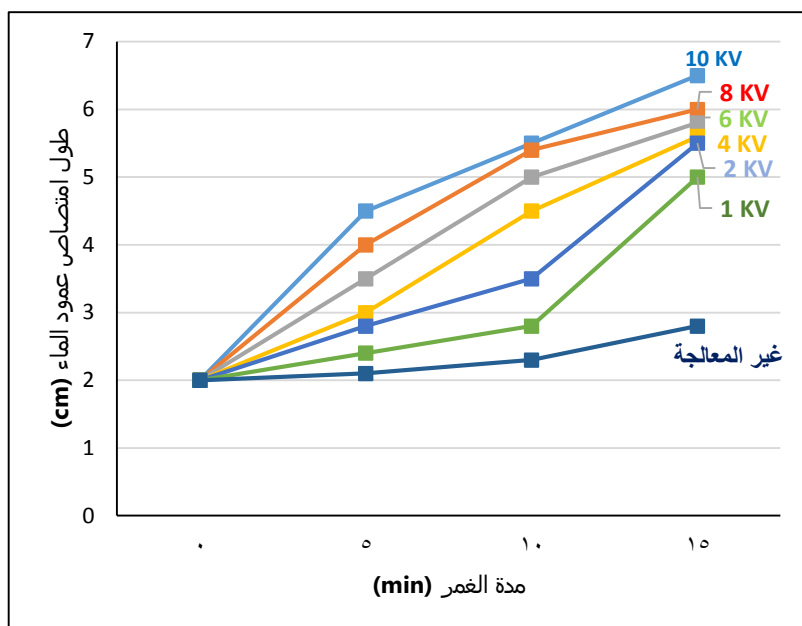


الشكل (2): صور المجهر الإلكتروني الماسح SEM لسطح العينات: (a) غير المعالجة، (b) المعالجة ببلازما الأرجون

3-5-2- تأثير الجهد والتردد على قابلية امتصاص الماء:

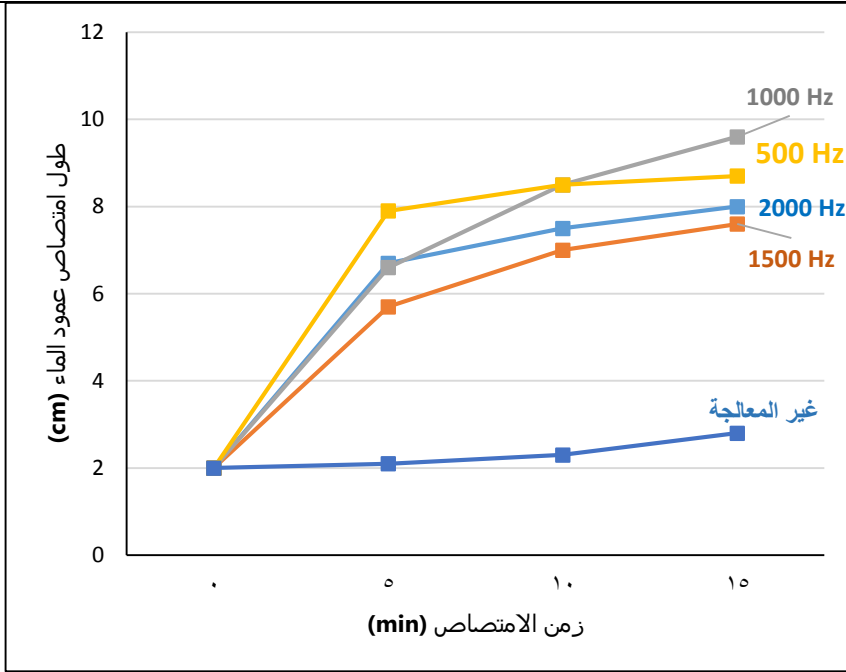
تمت دراسة تأثير كل من الجهد والتردد على قابلية البلل للعينات المعالجة من خلال تحديد طول امتصاص عمود الماء، إذ عند دراسة تأثير الجهد تم تثبيت قيمة التردد عند (500 Hz) ومدة المعالجة عند (1 min) وتغيير قيمة الجهد، وعند دراسة تأثير التردد تم تثبيت قيمة الجهد عند (10 KV) ومدة المعالجة عند (1 min) وتغيير قيمة التردد.

يبين الشكلان (3) و(4) نتائج اختبار الامتصاص العمودي للماء الذي تم وفق المواصفة (AATCC TM 197) (1997).



الشكل (3): نتائج تأثير الجهد على طول امتصاص الماء للعينات المعالجة بالبلازما وغير المعالجة

معالجة قماش البوليستر ببلازما الأرجون لتحسين قابليته للبلل والصباغة بالأصبغة المعلقة

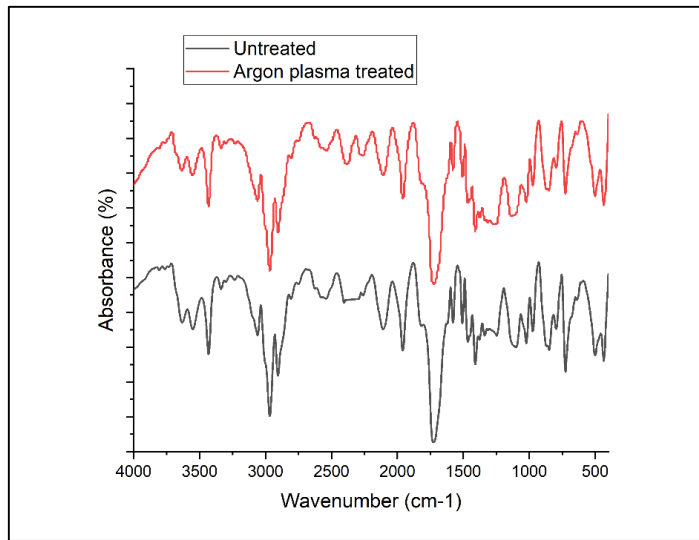


الشكل (4): نتائج تأثير التردد على طول امتصاص الماء للعينات المعالجة بالبلازما وغير المعالجة

يمكن ملاحظة أن طول امتصاص الماء في العينات المعالجة (ضمن المجال المدروس لكل من الجهد والتردد) يزداد مع زيادة الجهد المطبق، وبالنسبة لتأثير التردد على قابلية البلل، كانت أكبر قابلية للبلل عند (1000 Hz)، ويمكن تفسير ذلك بأن القابلية للبلل تزداد مع زيادة الجهد المستخدم في المعالجة، إذ تسبب الأبخار النانوية المتشكلة بعد البلازما ذات التردد (500 Hz) انخفاضاً في الضغط الشعري والذي يسبب زيادة في قابلية البلل للقماش، ولكن عند قيم تردد أعلى من (500 Hz) فإن البلل ينخفض نظراً للحجم الشعري الأكبر الناتج عن الأبخار الأكبر المتشكلة بعد المعالجة [24]. كما أن زيادة التردد من (500 Hz) إلى (2000 Hz) يزيد من احتجاز الجزيئات النشطة من الغاز داخل منطقة البلازما وهذا يؤثر على تأينها [3]، ويتباطأ تشكيل مواقع جديدة ويتناقص التأثير الناتج في القابلية للبلل [25].

3-5-3- تأثير البلازما على البنية الكيميائية للألياف:

يظهر الشكل (5) والجدول (3) أطياف FTIR للعينة غير المعالجة والعينة المعالجة ببلازما الأرجون لمدة (1 min) عند جهد (10 KV) وتردد (500 Hz)، ويمكن ملاحظة أنه لا يوجد قمم جديدة بعد المعالجة، ولا يوجد تغير ملحوظ في طول القمم قبل المعالجة وبعدها، وبكل الأحوال فإن المعالجة بالبلازما تعدل فقط السطح العلوي من العينة على عمق بضعة نانومتترات، وتقنية FTIR ليست التقنية الأنسب لفحص طبقة رقيقة جداً والنسب المئوية للتحليل العنصري. ونحتاج إلى تقنيات أكثر تعقيداً لتحليل كيمياء السطح للمواد المعالجة بالبلازما [26].



الشكل (5): أطياف FTIR للعينة غير المعالجة والمعالجة

الجدول (3): قمم الروابط في أطياف FTIR للعينات

العدد الموجي ( $\text{cm}^{-1}$ )		الرابطة
العينة غير المعالجة	العينة المعالجة ببلازما الأرجون	
1720.219	1735.647	C=O
1243.881-1336.448	1247.738	C-O
1409.731	1411.66	Aromatic ring

معالجة قماش البوليستر ببلازما الأرجون لتحسين قابليته للبلل والصبغة بالأصبغة المعلقة

1022.104	1025.96	O=C-O-C ester
725.1149	727.0435	Aromatic C-H
3436.582	3432.725	-OH

كما تم اختبار العينات باستخدام جهاز مطيافية الأشعة السينية X-Ray Spectroscopy (EDX) لمعرفة نسبة كل من الكربون والأكسجين في العينات، حيث يستخدم هذا الجهاز من أجل تحليل العناصر لمعرفة الخصائص الكيميائية للعينات، فكانت النتائج كما هو موضح في الجدول (4). ويمكن ملاحظة انخفاض نسبة عنصر الكربون وازدياد نسبة عنصر الأكسجين في العينة المعالجة بالبلازما، والذي يساعد في زيادة قابلية امتصاص القماش للماء.

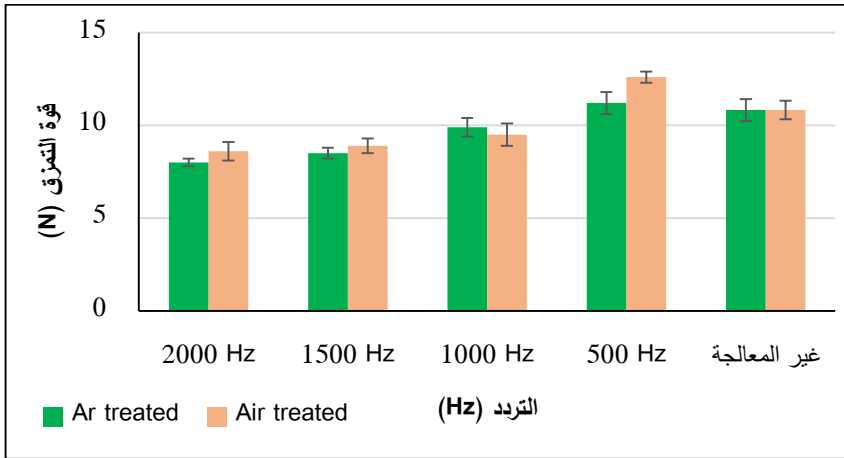
الجدول (4): النسب المئوية للكربون والأكسجين الناتجة عن تحليل EDX لسطح العينات

النسبة المئوية للعنصر في العينة %		العنصر
العينة المعالجة ببلازما الأرجون	العينة غير المعالجة	
64.52	64.9	C
35.48	35.1	O

3-5-4- تأثير البلازما على قوة تمزق القماش:

تم هذا الاختبار باستخدام جهاز (Elmatar) حسب المواصفة القياسية (ASTM D1424) (21)، يتألف الجهاز من فكين (فك ثابت وفك متحرك). يجري الاختبار بعد تثبيت العينة بين فكي الجهاز وإنشاء شق أولي على طول العينة بمقدار (2 cm)، ويتم تحديد قوة التمزق لثلاث عينات لكل من القماش المعالج والقماش غير المعالج، وأخذ المتوسط الحسابي لها.

تم دراسة تأثير المعالجة عند جهد (10 KV) وقيم تردد مختلفة، وبين الشكل (6) قيم قوة التمزق، ويُلاحظ أن قوة التمزق زادت عند التردد (500 Hz) وانخفضت عند القيم الأعلى للتردد. ويمكن تفسير ذلك بأن تنشيط السطح بالبلازما يمكن أن يؤثر على بنية القماش قليلاً والذي يسبب انخفاضاً في قوة التمزق [28].



الشكل (6): نتائج اختبار قوة التمزق للعينات المعالجة عند (10 KV) وقيم مختلفة للتردد

### 3-5-5-اختبار قوة اللون والقياسات اللونية بعد الصباغة:

تم في هذا الاختبار تحديد الثوابت اللونية وقيم التدرج الرمادي (Grey scale) للعينات المصبوغة باستخدام برنامج ImageJ عند طول الموجة الأعظمي (600 nm)، وذلك موضح في الجدول (5)، إذ أن العينات المصبوغة بعد المعالجة بالبلازما كانت ذات ظلال لونية أعمق عموماً من العينة المصبوغة تقليدياً، وكانت هذه الظلال اللونية متقاربة عند القيم المختلفة للتردد، وعموماً، يمكن تفسير قوة اللون الأكبر في العينات المصبوغة بعد المعالجة بسبب زيادة مساحة السطح الفعال للألياف وبالتالي زيادة كمية الصباغ التي تتغلغل إلى القماش [27].

معالجة قماش البوليستر ببلازما الأرجون لتحسين قابليته للبلل والصباغة بالأصبغة المعلقة

الجدول (5): قيم الثوابت اللونية والتدرج الرمادي للعينات المعالجة ببلازما الأرجون

Gray scale	Blue	Green	Red	العينة
247.528	248.315	247.000	248.339	العينة المرجعية غير المصبوغة
156.650	71.319	137.346	227.087	العينة غير المعالجة المصبوغة تقليدياً
144.980	49.166	120.762	229.075	العينة المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 500 Hz
160.599	38.388	140.332	247.046	العينة المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 1000 Hz
140.801	50.774	117.111	221.650	العينة المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 1500 Hz
151.127	38.581	126.815	241.802	العينة المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 2000 Hz

وبشكل عام، فإن المعالجة ببلازما الأرجون حسنت من قابلية صباغة عينات البوليستر بالصباغ المعلق، وذلك يتوافق مع النتيجة التي حصل عليها الباحثون في المرجع [15]، إذ أعطت المعالجة ببلازما الأرجون نتيجة متشابهة في تحسين قابلية الصباغة والطباعة بصباغ حمضي لألياف البوليستر PET.

### 3-5-6- اختبار ثبات الصباغ تجاه الغسيل:

تمت عملية الغسيل وفق المواصفة (ISO 105 C01)، وكان محلول الغسيل يحوي صابون (5 g/l) عند (pH = 7) مع استخدام نسبة حوض (1:50) لمدة (30 min) عند درجة حرارة (40 ± 2°C)، وبعد الغسيل تم تجفيف العينات في الهواء الطلق.

ويوضح الجدول (6) أن ثباتية الصباغ من حيث كل من درجة تغير اللون ودرجة التلطix للعينات المصبوغة بعد المعالجة لا تختلف عن ثباتية الصباغ في العينة المصبوغة تقليدياً، والتي تعتبر جيدة، حيث تعبر الدرجة (5) عن ثباتية عالية للصباغ تجاه الغسيل بالنسبة لكل من درجة التلطix ودرجة تغير اللون.

الجدول (6): نتائج اختبار ثباتية الصباغ تجاه الغسيل للعينات

درجة التلطix	درجة تغير اللون	العينة
5	5	غير المعالجة المصبوغة تقليدياً
5	5	المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 500 Hz
5	5	المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 1000 Hz
5	5	المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 1500 Hz
5	5	المصبوغة بعد المعالجة عند 10 KV و 2000 Hz

3-5-7- مقدار التوفير في الطاقة:

يتم حساب نسبة التوفير بالقانون الآتي:

$$\text{نسبة التوفير} = \frac{\text{الاستهلاك بطريقة الصباغة التقليدية} - \text{الاستهلاك بطريقة الصباغة بالبلازما}}{\text{الاستهلاك بطريقة الصباغة التقليدية}} \times 100\%$$

ويتم حساب الاستهلاك بالقانون الآتي:

$$\text{الاستهلاك} = \text{الطاقة (Watt)} \times \text{الزمن (hour)}$$

بالنسبة للعيونة غير المعالجة المصبوغة بالطريقة التقليدية باستخدام جهاز الأوتوغلاف ذي الضغط العالي (0.165 MPa) والحرارة العالية (125°C) والطاقة (1600 W)، كان الاستهلاك:

$$\text{الاستهلاك} = 1600 \text{ (W)} \times \frac{30}{60} \text{ (hour)} = 800 \text{ (W.hour)}$$

في حين بالنسبة للعيونة المعالجة بالبلازما والمصبوغة عند الضغط الجوي ودرجة الغليان، كانت أقصى طاقة مستهلكة بجهاز بلازما DBD = الجهد × التيار = 10 (KV) × 10 (mA) = 100 (W).

$$\text{فيكون الاستهلاك} = 100 \text{ (W)} \times \frac{1}{60} \text{ (hour)} = 1.6 \text{ (W. hour)}$$

ويضاف إليه الاستهلاك في السخان الكهربائي أثناء الصبغة في عملية الغليان = 400 (W. hour)

فيكون الاستهلاك الأقصى عند الصبغة بطريقة البلازما = 401.6 (W. hour)

$$\text{وبالتالي التوفير في الطاقة} = \frac{800 - 401.6}{800} \times 100\% = 49.8\%$$

#### 4- الاستنتاجات:

في هذا البحث تم تنشيط سطح قماش البوليستر باستخدام بلازما الأرجون عن طريق جهاز بلازما الحاجز العازل (DBD) لتحسين قابليته للصبغة بالأصبغة المعلقة، حيث أجريت عملية الصبغة للعيونة المعالجة عند درجة الغليان والضغط الجوي من دون استخدام الأوتوغلاف، وتمت دراسة تأثير المعالجة في كل من عمق لون الصباغ وثباتيته تجاه الغسيل، حيث أعطت العينات المعالجة ثباتاً جيداً للصبغ تجاه الغسيل مشابهاً لثبات الصباغ في العينة المصبوغة تقليدياً بالأوتوغلاف، كما كانت ذات لون أعمق من العينة المصبوغة تقليدياً. كما تمت دراسة تأثير عملية المعالجة على التركيب الكيميائي لسطح القماش باستخدام جهاز مطيافية الأشعة

تحت الحمراء (FTIR)، إذ زاد عدد المجموعات الوظيفية المحبة للماء في الألياف السطحية، والتي زادت من قابلية سطح القماش للبلل وبالتالي من كمية جزيئات الصباغ الداخلة للألياف. وبين اختبار قوة تمزق القماش أن المعالجة أثرت على قوة التمزق للقماش بشكل إيجابي عند التردد (500 Hz) في حين انخفضت قوة التمزق قليلاً عند القيم الأعلى للتردد.

وبشكل عام، يمكن القول إن هذا البحث وفر إمكانية الصباغة بالأصبغة المعلقة عند درجة حرارة الغليان والضغط الجوي من دون استخدام جهاز الأوتوغلاف، وبالتالي وفر هذا البحث فائدة اقتصادية من حيث تقليل الطاقة المستهلكة، وكانت نسبة التوفير (49.8%).

#### 5- التوصيات:

نوصي باستخدام أنواع أخرى مختلفة من الغازات ودراسة تأثير استخدامها في معالجة قماش البوليستر مثل النتروجين، ودراسة تراكيز مختلفة من الصباغ، ودراسة تأثير متغيرات أخرى في جهاز البلازما (مثل المسافة بين العوازل ومدة المعالجة ونوع العوازل وثخانتها) في تعديل سطح القماش، والتوصل إلى البارامترات الأفضل لمعالجة سطح القماش للحصول على لون أعمق للصباغ وثبات أفضل تجاه الغسيل.

#### 6- المراجع:

1. المصطفى. حلا، سفور. زياد، يوسف. خلدون، دراسة تأثير بعض عمليات المعالجة النهائية للأقمشة (مضادة للبلل ومقاومة للهب) في بعض الخواص الفيزيائية والميكانيكية للأقمشة، مجلة جامعة البعث، 2024، 46 (2).
2. العلي. ونام، سفور. زياد، سلوم. صقر، دراسة تأثير معالجة قماش القطن ببلازما الأكسجين في عملية صباغته بصباغ مباشر، مجلة جامعة البعث، 2023، 45 (7).
3. Samanta, K.K., et al., *Hydrophobic functionalization of cellulosic substrate by tetrafluoroethane dielectric barrier discharge plasma at atmospheric pressure*. Carbohydrate Polymers, 2021. 253: p. 117272.

4. Kulkarni, S., *Plasma assisted polymer synthesis and processing*, in *Non-Thermal Plasma Technology for Polymeric Materials*. 2019, Elsevier. p. 67-93.
5. Bhat, N., et al., *Surface modification of cotton fabrics using plasma technology*. *Textile Research Journal*, 2011. **81**(10): p. 1014-1026.
6. سلوم. صقر، نذاف. منذر، عاقل. محمد، فيزياء البلازما وتطبيقاتها منشورات هيئة الطاقة الذرية، 2010.
7. Choudhary, U., E. Dey, et al., *A brief review on plasma treatment of textile materials*. *Advance Research in Textile Engineering*, 2018. **3**(1): p. 1-4..
8. Morent, R., et al., *Non-thermal plasma treatment of textiles*. *Surface and coatings technology*, 2008. **202**(14): p. 3427-3449.
9. Mohamed, H. and A.A. EL-HALWAGY, *Plasma-based Nanotechnology for Textile Coating*. *Journal of Textiles, Coloration and Polymer Science*, 2021. **18**(1): p. 11-31.
10. Jelil, R.A., *A review of low-temperature plasma treatment of textile materials*. *Journal of materials science*, 2015. **50**(18): p. 5913-5943.
11. Shishoo, R., *Plasma technologies for textiles*. . 2007: Elsevier.
12. Samanta, K.K., et al., *Effect of plasma treatment on physico-chemical properties of cotton*. *International Journal of Engineering Research*, 2014. **3**(3).
13. Ubaid, U.R.E. and A. Danish, *An Update on the Technology and Application of Plasma Treatment for Textiles*, 2011, University of Borås/Swedish School of Textiles.

14. Demir, A., et al. *New Possibilities of Raw Cotton Pre-treatment before reactive dyeing*. in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018. IOP Publishing.
15. Salem, A.A. and N.N. Morgan, *Modification of polyester and polyamide fabrics by atmospheric pressure glow discharge plasma*. *Polymers from renewable resources*, 2014. **5**(3): p. 115-137.
16. Kim, T.N.T., et al., *The effect of DBD plasma activation time on the dyeability of woven polyester fabric with disperse dye*. *Polymers*, 2021. **13**(9): p. 1434.
17. Nasadil, P. and P. Benešovský, *Plasma in textile treatment*. *Chem. Listy*, 2008. **102**: p. s1486-s1489.
18. Azeem, M., et al., *Hydrophilization of polyester textiles by nonthermal plasma*. *Autex Research Journal*, 2021. **21**(2): p. 142-149.
19. Shuiliang, Y., et al., *Characterization of catalyst-supported dielectric barrier discharge reactor*. *The Open Catalysis Journal*, 2009. **2**(1).
20. Chiper, A.S., et al., *Atmospheric pressure plasma produced inside a closed package by a dielectric barrier discharge in Ar/CO<sub>2</sub> for bacterial inactivation of biological samples*. *Plasma Sources Science and Technology*, 2011. **20**(2): p. 025008.
21. الميرداس. لينا، دراسة تأثير استخدام طاقة الميكروويف في عمليات تجهيز وصباغة بعض المواد النسيجية، 2019، جامعة البعث.

22. ضفاف. عثمان، سفور. زياد، سلمان. نصر، تقانة الصباغة - الجزء العملي. 2010: منشورات جامعة البعث.
23. Zille, A., F.R. Oliveira, and A.P. Souto, *Plasma treatment in textile industry*. Plasma processes and Polymers, 2015. **12**(2): p. 98–131.
24. Senthikumar, P. and T. Karthik, *Effect of argon plasma treatment variables on wettability and antibacterial properties of polyester fabrics*. Journal of The Institution of Engineers (India): Series E, 2016. **97**: p. 19–29.
25. Dixit, D., et al., *Influence of Ar plasma treatment on the wetting behavior of pharmaceutical powders*. Advanced Powder Technology, 2018. **29**(12): p. 2928–2940.
26. Yilma, B.B., J.F. Luebben, and M.G. Tadesse, *Effect of plasma surface modification on comfort properties of polyester/cotton blend fabric*. Materials Research, 2021. **24**: p. e20210021.
27. Liu, X., Y. Ning, and F. Wang, *Processing methods of polyester fibers with deep-coloring*. Chemical Fibers International, 2012. **62**(1): p. 37.
28. Rosace, G., R. Canton, and C. Colleoni, *Plasma enhanced CVD of SiO<sub>x</sub>CyHz thin film on different textile fabrics: Influence of exposure time on the abrasion resistance and mechanical properties*. Applied Surface Science, 2010. **256**(8): p. 2509–2516.